

DERWENT-ACC-NO: 1971-59276S

DERWENT-WEEK: 197137

COPYRIGHT 2004 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Nickel titanium alloys for frictional materials

PATENT-ASSIGNEE: FURUKAWA ELECTRIC CO LTD[FURU]

PRIORITY-DATA: 1970JP-0012161 (February 12, 1970)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
DE 2106687 A		N/A
000 N/A		
DE 2106687 B	March 6, 1980	N/A
000 N/A		
GB 1350094 A	April 18, 1974	N/A
000 N/A		
JP 75001686 B	January 21, 1975	N/A
000 N/A		

INT-CL (IPC): C22C014/00, C22C015/00 , C22C019/00 , C22C027/00 , C22C039/00

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 2106687A

BASIC-ABSTRACT:

Nickel-titanium alloys for frictional materials Friction matching material, esp. for aliding pairs, having high resistance to erosion and wear and malleability, consists of intermetallic cpd. present as Ni-Ti alloy contg. 45.5-53.5 atom % Ti, bal. Ni, in which 1-45% of Ni atoms are replaced by Fe, Mo, Co, Cr, Ta, Nb, W, Hf and/or V.

Alloy contains pref. 47-51 (esp. 49-51)atom % Ti and pref. 1-20 (esp. 1-20)% of Ni atoms are replaced, esp. by Fe, Co, Cr and/or Mo.

In pref. alloy 0.5-30 (pref. 0.5-10, esp. 0.5-5)% Ti atoms are replaced by Al

Best Available Copy

and/or Zr.

Pref. if Cr and Mo are present, ratio Cr/Mo >1.

TITLE-TERMS: NICKEL TITANIUM ALLOY FRICTION

DERWENT-CLASS: M26

CPI-CODES: M26-B08X;

(51)

Int. Cl.:

C 22 c, 15/00

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

(52)

Deutsche Kl.: 40 b, 15/00

(10)

(11)

(21)

(22)

(43)

Offenlegungsschrift 2106 687

Aktenzeichen: P 21 06 687.5

Anmeldetag: 12. Februar 1971

Offenlegungstag: 9. September 1971

Ausstellungspriorität: —

(30)

Unionspriorität

(32)

Datum: 12. Februar 1970

(33)

Land: Japan

(31)

Aktenzeichen: Sho 45-12161

(54)

Bezeichnung: Reibpaarungsmaterial, insbesondere für Gleitpaarungen

(61)

Zusatz zu: —

(62)

Ausscheidung aus: —

(71)

Anmelder: The Furukawa Electric Co. Ltd., Tokio

Vertreter:

Jung, E., Dr.-Chem. Dr. phil.; Vossius, V., Dipl.-Chem. Dr. rer. nat.;
Schirdewahn, J., Dipl.-Phys. Dr. rer. nat.; Patentanwälte,
8000 München

(72)

Als Erfinder benannt: Negishi, Akira; Takayanagi, Kiyoshi; Tokio;
Fujii, Yasuji, Yokohama (Japan)

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): —

DT 2106687

DIPL.-CHEM. DR. ELISABETH JUNG
DIPL.-CHEM. DR. VOLKER VOSSIUS
DIPL.-PHYS. DR. JURGEN SCHIRDEWAHN
PATENTANWÄLTE

2106687
8 MÜNCHEN 23.
CLEMENSSTRASSE 30
TELEFON 345967
TELEGRAMM-ADRESSE: INVENT/MÜNCHEN
TELEX 5-29688

12. Februar 1971

F 89o M /Dr.Fi.

THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.
Tokyo, Japan

Reibpaarungsmaterial, insbesondere
für Gleitpaarungen

Priorität: 12. Februar 1970
Nr. Sho 45-12161
Japan

Die Erfindung bezieht sich auf ein Reibpaarungsmaterial, insbesondere für Gleitpaarungen.

Bei Gleitteilen für die verschiedensten Geräte, die in der Industrie verwendet werden, werden üblicherweise folgende Eigenschaften verlangt:

- a) Ein Festfressen darf eigentlich nicht eintreten.
- b) Die Verschleißfestigkeit muß hoch sein.
- c) Die Form des einen Gleitteils muß sich der Form des anderen Gleitteils anpassen lassen, diese erhaltene Form beibehalten und darf das Material des anderen Gleitteils nicht angreifen.

109837/1036

Bezogen auf die bisher bekannten Legierungen für Gleitpaarungen sind diese Eingeschaftsforderungen miteinander unvereinbar, d. h. es gibt bisher keine Gleitpaarungen, die den vorstehenden drei Anforderungen genügen.

Wählt man für Gleitpaarungen Metalle mit großer Härte, beispielsweise harte Chrom- und Molybdänlegierungen, also Stähle, rostfreie Stähle, "Hastelloy" und Stellite, sowie superharte Materialien, die hauptsächlich aus Wolframcarbid bestehen, oder auch keramische Substanzen, deren Hauptanteil Aluminiumoxyd ist, so stellt man fest, daß alle drei vorstehend genannten Eigenschaften nicht vorhanden sind. Bei Reib- bzw. Gleitpaarungen aus Legierungen wie rostfreier Stahl oder Hastelloy ist zwar eine ausgezeichnete Formgebung möglich, die auch beibehalten wird, jedoch werden die Anforderungen bezüglich des Festfressens und des Verschleißwiderstandes nicht erfüllt, da die Legierungen relativ weich sind. Diesen Anforderungen werden nun wiederum superharte Stoffe, wie keramische Substanzen und dergleichen genügen, da sie entsprechend hart sind, jedoch ist ihre Formbarkeit unzureichend. Hartmetalle mit Chrom und Molybdän, wie sie bisher verwendet werden, genügen keiner der Forderungen a) bis c) gänzlich. Dies zeigt, daß die bekannten Gleit- bzw. Reibpaarungsmaterialien immer abhängig vom Verwendungszweck gewählt werden müssen, Legierungen, die universell brauchbar sind, wurden bisher nicht bekannt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, ein Reibpaarungsmaterial, insbesondere für Gleitpaarungen zu schaffen, das in sehr hohem Ausmaße freß- und abriebsfest ist, hervorragende Formbarkeits- und Anpassungseigenschaften bezüglich der einander entsprechenden Reibpaarungsteile aufweist und das als Gleitteil geformt, die Gleitoberfläche des anderen Gleitteils nicht angreift.

Diese Aufgabe wird bei dem erfindungsgemäßen Reibpaarungsmaterial durch eine intermetallische Verbindung in Form einer Ni-Ti-Legierung mit 45,5 bis 53,5 Atom-% Ti, Rest Ni, gelöst, bei welcher 1 bis 45 % der Ni-Atome durch wenigstens eines der Elemente Fe, Mo, Co, Cr, Ta, Nb, W, Hf und V und gegebenenfalls 0,5 bis 30 % der Ti-Atome durch Al und/oder Zr ersetzt sind.

Die anstelle der Ni-Atome eingeführten Elemente Fe, Mo, Co, Cr, Ta, Nb, W, Hf und V werden im folgenden unter "M" zusammengefaßt, während die die Ti-Atome ersetzenden Elemente Al und/oder Zr mit "N" bezeichnet werden.

Stellt man aus diesem Reibpaarungsmaterial beispielsweise Gleitteile her, so zeigt sich, daß ein Fressen an den jeweiligen Gleitflächen während des Gleitvorgangs fast oder überhaupt nicht eintritt, unabhängig davon, ob beide Gleitteile aus dem erfindungsgemäßen Reibpaarungsmaterial oder nur ein Gleitteil daraus hergestellt ist. Das erfindungsgemäße Reibpaarungsmaterial hat weiterhin mit den herkömmlichen Legierungen eine hohe Verschleißfestigkeit sowie eine ausgezeichnete Härte und läßt sich für die Gleitbewegung auf einfache Weise in die der Gleitfläche des Gegenreibteils entsprechende Form bringen, die auch beibehalten wird, so daß die gewünschte Kontaktierung erreichbar ist, ohne daß die Gleitfläche des Gegenreibteils einer Abnutzung ausgesetzt ist.

Dadurch, daß in der erfindungsgemäßen intermetallischen Verbindung, die in Form einer binären Ni-Ti-Legierung vorliegt, die Nickelatome in dem aufgeführten Anteil durch eines oder mehrere der Elemente M ersetzt werden, wird einmal die durch Temperaturänderungen in binären Ni-Ti-Legierungen induzierte Umwandlung, beispielsweise durch Erhitzen nach dem Kaltwalzen, vermieden, was sonst zu Abmessungs- und Formänderungen führt. Andererseits werden dadurch die Verschleißfestigkeit und der Widerstand gegen Fressen erhöht.

109837/1036

Von den Elementen M, welche zur Vermeidung der Umwandlung die Ni-Atome ersetzen sollen, eignet sich besonders gut Fe, wobei dieser Effekt in der Reihenfolge Mo, Co, Cr, Ta, Nb, W, Hf und V abnimmt. Für die Verbesserung des Widerstandes gegenüber Fressen und Verschleiß eignet sich Cr besonders, wobei dieser Effekt wiederum in der Reihenfolge Mo, Co, Fe, W, Ta, Nb, Hf und V abnimmt. Der Widerstand gegenüber Verschleiß und Festfressen kann weiterhin dadurch verbessert werden, daß Ti-Atome in dem angeführten Anteil durch eines der Elemente N oder durch die Elemente N ersetzt werden, wenn bereits 1 bis 45 % der Ni-Atome durch M ersetzt sind. Da jedoch mit zunehmendem Prozentsatz des Ersetzens von Ti-Atomen durch die Elemente N die Formbarkeit der Legierungen verringert wird, wird die obere Grenze auf 30 % festgelegt, um eine Warm- und Kaltbearbeitung noch zu ermöglichen.

Um die Bearbeitbarkeit des erfindungsgemäßen Materials zu verbessern, bevorzugt man einen Ti-Gehalt von 47 bis 51 Atom-%, insbesondere 49 bis 51 Atom-%, und ersetzt vorzugsweise 1 bis 30 %, insbesondere 1 bis 20 %, der Ni-Atome durch M. Falls ein Teil der Ti-Atome durch N ersetzt werden, bevorzugt man, 0,5 bis 10 % und insbesondere 0,5 bis 5 % der Ti-Atome auszutauschen.

Um den Widerstand gegen Festfressen zusammen mit der Bearbeitbarkeit des erfindungsgemäßen Materials zu verbessern, beträgt der Ti-Gehalt 47 bis 51 Atom-%. Man ersetzt dann 1 bis 30 % der Ni-Atome durch eines oder mehrere der Elemente Fe, Mo, Co und/oder Cr. Zur gleichzeitigen Verbesserung der Bearbeitbarkeit, des Widerstandes gegenüber Fressen und der Verschleißfestigkeit wählt man einen Ti-Anteil von 49 bis 51 Atom-% und ersetzt 1 bis 20 % der Ni-Atome durch eines oder mehrere der Elemente Fe, Mo und/oder Co sowie erforderlichenfalls 0,5 bis 5 % der Ti-Atome durch Cr und/oder Al.

Optimaleigenschaften erhält man bei Reibpaarungen dann, wenn der Ti-Anteil 49 bis 51 Atom-% beträgt und 1 bis 2p % der Ni-Atome durch Cr und Mo in einem Verhältnis von $Cr/Mo > 1$ und gegebenenfalls 0,5 bis 5 % der Ti-Atome durch Al und/oder Zr ersetzt werden.

Die guten Eigenschaften des erfindungsgemäßen Reibpaarungsmaterials beruhen darauf, daß die erfindungsgemäße Legierung eine intermetallische Verbindung ist, bei welcher die Atombindung sich im allgemeinen von der der Metalle und der Legierungen wesentlich unterscheidet. Bei Metallen und Legierungen haben die Atome die sogenannte Metallbindung, d. h. die Elektronen in der Elektronenschale des Atoms können sich, wenn sie ihre Bahn um das Atom verlassen, frei in dem Kristall bewegen. Infolge der Anziehung zwischen diesen freien Elektronen und den regelmäßig angeordneten Metallionen kann die feste Form beibehalten werden. Durch das Freiwerden der Elektronen in diesem Verband wird die Bindung unter den Atomen nicht aufgehoben, selbst wenn die Relativlagen der Atome in beträchtlichem Ausmaß verändert werden. Infolge dieser Bindung haben die Metalle und Legierungen im allgemeinen eine Plastizität bzw. Formbarkeit. Da die Bindung zwischen den Atomen auf die vorstehende Bindungsart beschränkt ist, stehen Verschleißwiderstand und Härte solcher Metalle und Legierungen in einer bestimmten Wechselbeziehung, wobei im allgemeinen gilt, daß die Härte umso höher liegt, je höher der Verschleißwiderstand ist.

Im Gegensatz dazu ist bei dem erfindungsgemäßen Reibpaarungsmaterial die Bindungsart zwischen den Atomen anders, da neben der Bindung durch freie Elektronen eine wesentliche kovalente Bindung zwischen den Atomen besteht. Das bedeutet, daß die Eigenschaften des erfindungsgemäßen Materials der Wechselbeziehung zwischen Verschleißfestigkeit und Härte nicht unterworfen sind, d. h. das erfindungsgemäße Material hat, was bei

Metallen und Legierungen der herkömmlichen Art nicht der Fall ist, viele spezifische Eigenschaften, einschließlich eines ausgezeichneten Widerstandens gegenüber Fressen, der mit der metallischen Erscheinungsform gepaart ist.

Anhand der beiliegenden Zeichnungen wird die vorliegende Erfindung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt ein Dreistoffdiagramm der Komponenten Ni, Ti, M.

Fig. 2 zeigt in einem Diagramm einen Vergleich von Verschleißwerten von rostfreiem Stahl und Titan mit dem erfindungsgemäßen Material.

Der in Fig. 1 in einem ternären Phasendiagramm der Stoffe Ni, Ti und M gezeigte Zusammensetzungsbereich des erfindungsgemäßen Materials liegt in einem Viereck, das man durch die Verbindung der Punkte A, B, C und D durch gerade Linien erhält. Die Zusammensetzung im Punkt A beträgt 45,5 Atom-% Ti, 0,55 Atom-% M, Rest Ni, im Punkt B 53,5 Atom-% Ti, 0,47 Atom-% M, Rest Ni, im Punkt C 53,5 Atom-% Ti, 20,9 Atom-% M, Rest Ni und im Punkt D 45,5 Atom-% Ti, 24,5 Atom-% M, Rest Ni.

Links von der Linie AD liegt ein Bereich mit einer spröden und zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe ungeeigneten intermetallischen Verbindung Ni_3Ti , während rechts von der Linie BC eine ebenfalls spröde und unbrauchbare intermetallische Verbindung $NiTi_2$ liegt, die beide sich in einer Sekundärphase abscheiden, wodurch die Formbarkeit des Materials verringert und die Warm- und Kaltbearbeitbarkeit des Materials beeinträchtigt wird. Unter der Linie AB wird die Wirkung, die durch das Ersetzen eines Teils der Ni-Atome durch M eintritt, gering. Über der Linie CD werden nicht nur die Eigenschaften der Legierungen einer Zusammensetzung nahe $NiTi$ verringert, sondern es verschlechtert sich auch die Formbarkeit und eine Warm- und Kaltbearbeitung wird schwierig.

In Fig. 2 ist das Ergebnis eines Verschleißversuchs gezeigt, der in dem Prüfgerät nach Ohgoshi ausgeführt wird. Der Abriebswiderstand des erfindungsgemäßen Materials wird mit dem von Titan und von einem rostfreien Stahl (SUS 27) verglichen, welche beide eine ähnliche Härte wie das erfindungsgemäße Material haben.

Bei dem genannten Versuch ändert sich der Mechanismus des Abriebs mit der Dreh- bzw. Umfangsgeschwindigkeit des Gleit-rings. Wie beispielsweise durch die für Titan eingetragene Kurve gezeigt ist, kommt man mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit von einer Zone mit "Oxydationsabrieb" mit geringer Steigung in eine Zone mit "Abrieb auf blanke Oberfläche" bei steilem Anstieg schließlich zu einer Zone mit "Schmelzabrieb", wo die Steigung wieder geringer ist. Man sieht, daß das erfindungsgemäße Material in dem in Fig. 2 gezeigten Geschwindigkeitsbereich weder die Zone mit "Abrieb auf blanke Oberfläche" noch die Zone erreicht, wo die Oberfläche des Materials durch direkten Kontakt mit dem Gleitring weggerissen wird.

Die Zunahme der Umfangsgeschwindigkeit bedingt einen Temperaturanstieg der Reibungsoberfläche. Man kann deshalb davon ausgehen, daß der Mechanismus des Abriebs auf bzw. an der blanken Oberfläche identisch zu dem Mechanismus des Fressens bzw. Festfressens ist. Die in Fig. 2 gezeigten Versuchsergebnisse zeigen somit, daß das erfindungsgemäße Material in wesentlich geringerem Maße als herkömmliche Materialien oder überhaupt nicht zum Pressen neigt und deshalb für wesentlich stärkere Beanspruchungen eingesetzt werden kann.

Wie bereits erwähnt, nimmt man an, daß die ausgezeichnete Verschleißfestigkeit des erfindungsgemäßen Materials auf das gleichzeitige Vorhandensein einer kovalenten Bindung, deren

Bindungskraft stark genug ist, um dem Material die Festigkeit zu geben, und einer metallischen Bindung zurückzuführen ist, von der Plastizität bzw. Formbarkeit kommt. Weiterhin besteht neben den Eigenschaften, daß das erfindungsgemäße Material fest, zäh und im hohen Maße abriebsfest ist, das Merkmal, daß die Gleitoberfläche sich leicht an die Form der Gleitfläche des Gleitpartners anpaßt bzw. anpassen läßt, so daß man einen vollkommenen Kontakt an der ganzen Oberfläche erhält, wobei das Material die Oberfläche des Gegenteils nicht angreift. Dieses Merkmal ist darauf zurückzuführen, daß das Verhältnis von Streckgrenze zu Bruchfestigkeit des Materials sehr gering ist im Vergleich zu üblichen hochfesten Legierungen, was ebenfalls auf die Koexistenz der verschiedenen Bindungsarten zurückzuführen ist. Das erfindungsgemäße Material ist somit für einen universellen Gebrauch geeignet, was mit herkömmlichen Materialien bisher nicht erreichbar war.

Intermetallische Verbindungen und Stoffe, die als Hauptbestandteil eine intermetallische Verbindung enthalten, sind im allgemeinen hart und spröde und lassen in vielen Fällen ein günstiges Verformungsvermögen bzw. Duktilität und ein geschmeidiges Verhalten bzw. eine günstige Kaltverformbarkeit vermissen, so daß ihre plastische Bearbeitung nicht möglich ist. Die Verwendung ist somit auf Anwendungsgebiete, wie die Herstellung von Magneten, Halbleitern und dergleichen begrenzt, wo die Brauchbarkeit durch die besonderen Eigenschaften bedingt wird. Die Verwendung dieser Stoffe für die Herstellung von Geräten und Teilen, bei welchen mechanische und chemische Eigenschaften gefordert werden, ist äußerst selten.

Obwohl nun das erfindungsgemäße Reibpaarungsmaterial als Hauptbestandteil eine intermetallische Verbindung hat, weist es eine außerordentlich hohe Plastizität bzw. Formbarkeit auf, kann leicht zu Gleitteilen mit irgendeiner gewünschten Form,

beispielsweise zu Stangen, Scheiben, Ringen, Büchsen und dergleichen durch verschiedene spanabhebende Bearbeitungsverfahren verarbeitet werden und darüber hinaus durch Pressen, Hämmern, Walzen usw. warm oder kalt plastisch verformt werden. Die Herstellungskosten der Teile aus erfindungsgemäßen Material sind deshalb gleich oder geringer als die bei der Herstellung von Reibpaarungsteilen aus bekannten Materialien anfallenden. Dabei wird eine Umwandlung durch Temperaturänderungen, wie sie bei den bekannten Materialien auftritt und zu beträchtlichen Änderungen der physikalischen und mechanischen Eigenschaften im Arbeitstemperaturbereich führt, was wiederum die Ursache für die Änderungen in Maß und Form beim Erhitzen nach der Kaltbearbeitung ist, verhindert.

Anhand der nachstehenden Beispiele wird die Erfindung näher erläutert.

BEISPIEL 1

Die in Tabelle 1 angeführten erfindungsgemäßen Materialien werden in einem Graphitgefäß bei etwa 1410°C durch Induktionsheizung bei einem Vakuum von 2 bis 5×10^{-4} mm Hg geschmolzen und die Schmelzen vergossen. Daran schließt sich eine Warmbearbeitung in der Reihenfolge Pressen, Hämmern und Walzen bei 930 bis 700°C an, so daß man Bleche mit einer Stärke von 5 mm erhält, deren Zugfestigkeit und 0,2 %-Streckgrenze gemessen werden. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 1 denen von herkömmlichen Stoffen gegenübergestellt.

TABELLE 1

=====

Material	Zusammensetzung	Zug- festig- keit kg/mm ²	0,2 % Streck- grenze kg/mm ²	Streckgrenze/ Zugfestig- keit
herkömm- lich	Ti 6Al 4V	98	91	0,93
	Stellit	70	57	0,81
	hochfester Stahl	105	93	0,89
erfin- dungs- gemäß	50,5 Ni 1Fe 48,5Ti	126	55	0,44
	42,5Ni 6,5Fe 1Mo 50Ti	123	63	0,51
	47,5Ni 1,5Fe 1 Mo 50 Ti	95	54	0,57
	40Ni 9Co 1Mo 50Ti	92	45	0,49
	40Ni 8Cr 1Mo 50Ti	97	49	0,51

Wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist, ist bei dem erfindungsgemäßen Material das Verhältnis von Streckgrenze zu Bruchfestigkeit verglichen mit den herkömmlichen Stoffen sehr gering. Diese Eigenschaft zeigt, daß das erfindungsgemäße Material leicht mit relativ kleiner Spannung verformt werden kann, während das Material sehr fest ist, was für die gute Formbarkeit ausschlaggebend ist.

BEISPIEL 2

5 mm starke Bleche aus erfindungsgemäßen Materialien, deren Zusammensetzung in Tabelle 2 gezeigt ist, werden wie im Beispiel 1 beschrieben hergestellt, von einer Oxydkruste durch Sandstrahlen befreit und in einer wässrigen Lösung mit 10 % Salpetersäure und 10 % Fluorwasserstoffsäure blankgebeizt. Aus den Blechen werden quadratische Stücke mit einer Kantenlänge von 30 mm herausgeschnitten und ihre Oberflächen mit Schmirgelpapier und einer Schwabbelscheibe auf eine Genauigkeit von 4

bearbeitet. Mit diesen Stücken wird dann der Abriebsversuch in der Abriebsversuchsanordnung nach Ohgoshi durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 gezeigt.

Der Versuch geht so vor sich, daß jedes der quadratischen Probestücke parallel zur Drehachse des Gleitrings angeordnet wird, der aus einem Schnellschnittstahl mit einem Durchmesser von 30 mm und einer Stärke von 3 mm hergestellt ist. Der Ring wird gegen die Oberfläche der Probe mit unterschiedlichen Drucken angeedrückt, wobei man ihn mit einer festgelegten Drehzahl darauf gleiten läßt. Die Breite der auf der Oberfläche der Probe hervorgerufenen Riefen wird gemessen und die Menge des spezifischen Abriebs nach der Formel

$$W_s = B \cdot b_o^3 / 8 \cdot r P_o l_o \quad \text{bestimmt,}$$

wobei W_s die Menge des spezifischen Abriebs, B eine Konstante, b_o die Breite der Reibungsriefe, r der Radius des Gleitrings, P_o der Druck, mit dem der Ring gegen die Probe gepreßt wird, l_o der Gleitweg, berechnet aus Umfang mal Anzahl der ausgeführten Umdrehungen sind. Bei dem vorliegenden Versuch betragen die Werte für $B = 3,05$, $r = 30 \text{ mm}$, $P_o = 6,5 \text{ kg/cm}^2$, $l_o = 200 \text{ mm}$.

TABELLE 2

=====

Material	Zusammensetzung	Relative Abriebsmengen x 10 ⁸ bei einer Abriebs- geschwindigkeit in m/s von	
		1,4	3,6
erfindungsgemäß	45Ni 5Fe 5oTi	2,3	68
	4oNi 1oFe 5oTi	2,2	6o
	49,5Ni o,5Mo 5oTi	2,3	58
	45Ni 5Mo 5oTi	2,o	22
	4oNi 1oMo 5oTi	2,2	1o
	35Ni 15Mo 5oTi	1,9	7
	45Ni 5Co 5oTi	2,1	24
	4oNi 1oCo 5oTi	2,o	11
	49,5Ni o,5Cr 5oTi	2,3	61
	49Ni 1Cr 5oTi	2,o	54
	48Ni 2Cr 5oTi	1,9	23
	45Ni 5Cr 5oTi	2,2	15
	4oNi 1oCr 5oTi	1,8	7
	35Ni 15Cr 5oTi	1,7	5
	3oNi 2oCr 5oTi	1,6	5
	45Ni 5Cr 49Ti 1Zr	2,5	14
	45Ni 5Cr 45Ti 5Zr	2,5	12
	45Ni 5Cr 4oTi 1oZr	2,4	1o
	48Ni 5Cr 47Ti	2,o	13
	43Ni 5Cr 52 Ti	2,3	16
	47,5Ni 1,5Fe 1Mo 5oTi	2,2	31
	47,5Ni 1Mo 1,5Co 5oTi	2,1	15
	48 Ni 1Mo 1Cr 5o Ti	2,o	24
	4oNi 5Mo 5Cr 5oTi	1,8	9
	4oNi 8Mo 2Cr 49Ti 1Zr	1,9	9
	47,5Ni 1,5Fe 1Mo 45Ti 5Al	2,3	29
	47,5Ni 1,5Fe 1Mo 4oTi 1oAl	2,1	25
	47,5Ni 1,5Fe 1Mo 4oTi 5Zr 5Al	2,2	26
	48,5Ni 1,5W 5oTi	2,o	51
	45Ni 5Ta 5oTi	2,1	28
	45Ni 5Nb 5oTi 109837/1036	2,4	33

Material	Zusammensetzung	Relative Abriebsmengen $\times 10^8$ bei einer Abriebs- geschwindigkeit in m/s von	
		1,4	3,6
erfin- dungs- gemäß	45Ni 5Hf 50Ti	2,2	29
	45Ni 5V 50Ti	2,3	31
her- kömm- lich	Titan	572	763
	rostfreier Stahl	167	198
	Hastelloy C	124	180
	Stellit	38	85

Tabelle 2 zeigt, daß das erfindungsgemäße Material bezüglich des Verschleißwiderstandes den bekannten Materialien in hohem Ausmaß überlegen ist, und daß der Verschleißwiderstand durch Ersetzen eines Teils der Ni- und Ti-Atome durch Elemente M bzw. N verbessert wird.

Diese Verbesserung ist beim Ersetzen durch Cr-Atome am größten, worauf Mo, Ta und Nb folgen. Das beste Ergebnis erzielt man bei einer Kombination von Cr und Mo. Bezüglich des Einflusses der Menge an M und N ergibt sich, daß, während sich in der Oxydationsabriebszone, wo die Reibungsgeschwindigkeit niedrig ist, fast kein Unterschied beobachten läßt, in der Abriebszone auf blanke Oberfläche, wo die Abriebsgeschwindigkeit hoch ist, die Wirkung durch das Ersetzen in der Nähe von 0,5 % beginnt und der Betrag des spezifischen Abriebs sich mit zunehmendem Austauschanteil bis zur Höhe von 30 % verringert.

Da die Erhöhung der Reibungsgeschwindigkeit einen Temperaturanstieg der Reibungsoberfläche zur Folge hat, zeigt sich bei diesem Beispiel, daß sich die Temperatur, wo der Oxydations-

abrieb in den Abrieb auf blanke Oberfläche übergeht, zur Seite der höheren Temperatur hin verschiebt, wenn die Ni-Atome durch M und die Ti-Atome durch N ersetzt werden.

Da das Fressen als Abreißen der Reibungs Oberfläche durch Abrieb betrachtet werden kann, entspricht das Fressen dem Abrieb auf blanke Oberfläche, so daß das Ersetzen von Ni- und Ti- Atomen durch M bzw. N dem Fressen entgegenwirkt und es verhindert. Die Ergebnisse dieses Beispiels zeigen, daß das erfindungsgemäße Material kaum zum Fressen neigt und deshalb für weitaus härtere Arbeitsbedingungen als herkömmliche Materialien geeignet ist.

Beispiel 3

Aus erfindungsgemäßem Material mit den in Tabelle 3 gezeigten Zusammensetzungen werden Stäbe mit einem Durchmesser von 22 mm nach dem in Beispiel 1 beschriebenen Verfahren hergestellt, aus dem Zylinder mit 20 mm Außendurchmesser, 16 mm Innendurchmesser und 50 mm Höhe durch spanabhebende Bearbeitung hergestellt werden. Die Abriebseigenschaften werden in einer Anordnung nach Suzuki festgestellt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 den Versuchswerten von Probekörpern aus herkömmlichen Materialien gegenübergestellt.

Der Versuch wird so ausgeführt, daß zwei zylindrische Versuchsstücke mit den genannten Abmessungen konzentrisch vertikal so angeordnet werden, daß ihre Stirnflächen miteinander ganz in Berührung stehen. Dabei wird unter einem konstanten Berührungsdruck das eine Probestück mit einer bestimmten Geschwindigkeit gedreht, während das andere lagefest ist. Nach diesem, über einen bestimmten Zeitraum ausgeführten Gleiten wird die Gewichtsänderung eines jeden Probestücks gemessen, um die Abriebmenge festzustellen. Als Versuchsbedingungen werden

gewählt: Belastung $2,5 \text{ kg/cm}^2$, Drehzahl 275 Upm, Anzahl der ausgeführten Umdrehungen 30000.

Weiterhin wird das Aussehen der Gleitoberfläche mit Hilfe eines Vergrößerungsglases oder eines Mikroskopes geprüft, um das Stadium des Fressens oder der Übereinstimmung bzw. Anpassung festzustellen. Das Zeichen "O" in Tabelle 3 steht dafür, daß die Gleitfläche durchgehend glänzend bzw. spiegelblank ist und keinerlei Fressen festzustellen ist. Das Zeichen "Y" zeigt, daß ein leichtes Fressen vorliegt, das auf der ganzen oder nur auf einem Teil der Gleitfläche festzustellen ist. Das Zeichen "X" bedeutet, daß auf der ganzen Gleitfläche ein intensives Fressen festgestellt werden kann.

Aus Tabelle 3 ergibt sich eindeutig, daß der Abrieb des erfindungsgemäßen Materials unabhängig vom Material des Reibpartners wesentlich geringer ist als der bei herkömmlichen Materialien feststellbare, und daß der Abrieb von herkömmlichen Materialien dadurch verringert werden kann, daß ein Reibpartner des Reibungspaares aus erfindungsgemäßem Material hergestellt ist.

TABELLE 3

=====

Reibpaarung Zusammensetzung der Teile (A, B) Abrieb in mg Aussehen der Gleitfläche

	A	B	A	B	A + B	A	B
	unlegierter Stahl						
Titan			394	6,5	401	X	O
rostfreier Stahl (SUS27)	"	"	106	7,0	113	Y	Y
Hastelloy C	"	"	198	6,8	205	Y	Y
Stellit	"	"	37	96	133	O	Y
Titan		Titan	786	751	1537	X	X
rostfreier Stahl (SUS27)		rostfreier Stahl (SUS27)	285	272	557	X	X
Hastelloy C		Hastelloy C	381	394	775	X	X
Stellit		Stellit	169	173	342	Y	Y
	rostfreier Stahl						
47,5Ni 2,5Fe 50Ti		rostfreier Stahl	3,1	4,1	7,2	O	O
45Ni 5Fe 50Ti		"	2,4	4,7	7,1	O	O
35Ni 15Fe 50Ti		"	1,5	6,5	8,0	O	O
47,5 Ni 2,5Mo 50Ti		"	2,2	5,3	7,5	O	O
47,5Ni 2,5Cr 50Ti		"	2,3	5,6	7,9	O	O
47,5Ni 2,5Co 50Ti		"	2,8	3,8	6,6	O	O
47,5Ni 2,5W 50Ti		"	2,2	6,3	8,5	O	O

109837/1036

2106687

TABELLE 3
=====

Reibpaarung	Zusammensetzung der Teile (A, B) der Reibpaarung	Abrieb in mg			Aussehen der Gleitfläche	
	A	B	A	B	A + B	A B
Aus einem erfindungs- gemäßen und einem her- kömmlichen Material	47,5Ni 2,5Ta 5oTi	rostfreier Stahl	3,4	5,3	8,7	0 0
	47,5Ni 2,5Nb 5oTi	"	3,6	5,2	8,8	0 Y
	47,5Ni 1,5Co 1Mo 5oTi	"	2,6	3,7	6,3	0 0
	47,5Ni 1,5Fe 1Mo 5oTi	"	2,3	4,2	6,5	0 0
	47,5Ni 1,5Co 1Mo 5oTi	"	2,4	4,0	6,4	0 0
	5oNi 45Ti 5Al	"	3,4	5,4	8,8	0 0
	5oNi 45Ti 5Zr	"	2,9	5,7	8,6	0 Y
	47,5Ni 2,5Fe 5oTi	"	3,7	3,3	7,0	Y 0
	45Ni 5Fe 5oTi	"	2,8	3,1	5,9	0 0
	35Ni 15Fe 5oTi	"	1,9	2,1	4,0	0 0
	47,5Ni 2,5Mo 5oTi	"	2,4	2,3	4,7	0 0
	47,5Ni 2,5Cr 5oTi	"	2,6	2,5	5,1	0 0
	47,5Ni 2,5Co 5oTi	"	2,7	2,7	5,4	0 0
	47,5Ni 2,5W 5oTi	"	2,3	2,5	4,8	0 0
	47,5Ni 2,5Ta 5oTi	"	3,5	3,2	6,7	Y 0
	47,5Ni 2,5Nb 5oTi	"	3,5	3,6	7,1	Y Y
	47,5Ni 1,5Fe 1Mo 5oTi	"	2,7	2,6	5,3	0 0
	47,5Ni 1,5Co 1Mo 5oTi	"	2,8	2,7	5,5	0 0

TABELLE 3
=====

Reibpaarung	Zusammensetzung der Teile (A, B) der Reibpaarung	Abrieb in mg			Aussehen der Gleitfläche	
	A	B	A	B	A + B	A B
Aus einem erfindungs- gemäßen und einem her- kömmlichen Material	47,5Ni 1,5Fe 1Mo 45Ti 5Al	rostfreier Stahl	2,7	2,7	5,4	0 0
	45Ni 5Cr 45Ti 5Zr	"	2,5	2,4	4,9	0 0
	45Ni 5Cr 50Ti	"	2,1	2,3	4,4	0 0
	47,5Ni 1,5Cr 1 Mo 50Ti	"	2,2	2,3	4,5	0 0
	47,5Ni 1,5Cr 1Mo 48Ti 1Zr 1Al	"	2,1	2,2	4,3	0 0

- 18 -

Wenn gleiche Materialien aufeinander gleiten, stellt man bei den herkömmlichen Stoffen starkes Fressen und hohen Abrieb fest; wobei ihre Gleitflächen sehr rauh werden. Demgegenüber ist bei einer Reibpaarung aus erfindungsgemäßem Material keinerlei Fressen zu beobachten. Beim Austausch der Elemente, die zu einer Abriebsverhinderung besonders beitragen, also Mo, W und Cr, stellt man eine Verbesserung des Abriebwiderstandes mit ansteigendem Austauschanteil fest. Zieht man jedoch bei einer Kombination von einem Reibteil aus herkömmlichen Material mit einem Reibteil aus erfindungsgemäßem Material in Betracht, daß ein Angreifen der Reibpartner vermieden werden soll, so führt das Ersetzen durch Fe und Co zu guten Ergebnissen, wobei das beste Ergebnis durch eine Kombination von Co und Mo erreicht wird. Während der Abrieb des erfindungsgemäßen Materials im allgemeinen bei steigender Austauschmenge kleiner wird, ist ein Austausch bis zu 20 % (innerhalb 10 % als Gehalt) zweckmäßig, wenn man die Betrachtung bezüglich des Abriebs des anderen Reibteils anstellt. Ähnlich der Kombination von Reibteilen aus lediglich erfindungsgemäßem Material stellt man bei der Kombination von erfindungsgemäßem Material mit herkömmlichen Werkstoffen fest, daß nahezu keine Rauigkeit auf der Gleitfläche, hervorgerufen durch Fressen, vorhanden ist, was wiederum zeigt, daß das erfindungsgemäße Material eine hervorragende Wirkung im Hinblick auf ein Unterbinden des Fressens hat.

Das erfindungsgemäße Reibpaarungsmaterial ist somit besonders für die Herstellung von Kurbelwellen, Kegelstäben, Zylindern, Lagerbüchsen und Lagerplatten geeignet. Es ist bei Transmissionsteilen, Maschinenteilen, Ventilen, als Dichtungsring, für Pumpenteile, wie Büchsen, Kolben und Laufräder, für Wellen, Achsen, deren Lager, für Zahnräder, Schneidblätter von Werkzeugmaschinen und anderen spanabhebenden Einrichtungen, für Teile von Separatoren, wie Zyklone und Dekantiereinrichtung, bei Vorrichtungen in der Textilindustrie, beispielsweise für

- 20 -

Garnhalter, Führungsrollen und -scheiben, in der Kunststoff-industrie für Düsen und Zylinder von Extraktoren und Injekto-ren, für Sportgeräte, beispielsweise bei Schikanten, Schlit-tenkufen, bei Pickel und Spaten, bei medizinischen Instru-menten, wie Messern und Pinzetten, bei Zeichengeräten und vielen anderen Verwendungszwecken einsetzbar.

- Patentansprüche -

PATENTANSPRÜCHE

=====

1. Reibpaarungsmaterial, insbesondere für Gleitpaarungen, gekennzeichnet durch eine intermetallische Verbindung in Form einer Ni-Ti-Legierung mit 45,5 bis 53,5 Atom-% Ti, Rest Ni, bei welcher 1 bis 45 % der Ni-Atome durch wenigstens eines der Elemente Fe, Mo, Co, Cr, Ta, Nb, W, Hf, V ersetzt sind.
2. Reibpaarungsmaterial nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung 47 bis 51 Atom-% Ti enthält und 1 bis 30 % der Ni-Atome ersetzt sind.
3. Reibpaarungsmaterial nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung 49 bis 51 Atom-% Ti enthält und 1 bis 20 % der Ni-Atome ersetzt sind.
4. Reibpaarungsmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß 0,5 bis 30 % der Ti-Atome durch Al und/oder Zr ersetzt sind.
5. Reibpaarungsmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß 0,5 bis 10 % der Ti-Atome durch Al und/oder Zr ersetzt sind.
6. Reibpaarungsmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß 0,5 bis 5 % der Ti-Atome durch Al und/oder Zr ersetzt sind.
7. Reibpaarungsmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Vorhandensein von Cr und Mo das Anteilsverhältnis $Cr/Mo > 1$ ist.

8. Reibpaarungsmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ni-Atome durch eines oder mehrere der Elemente Fe, Co, Cr und Mo ersetzt sind.

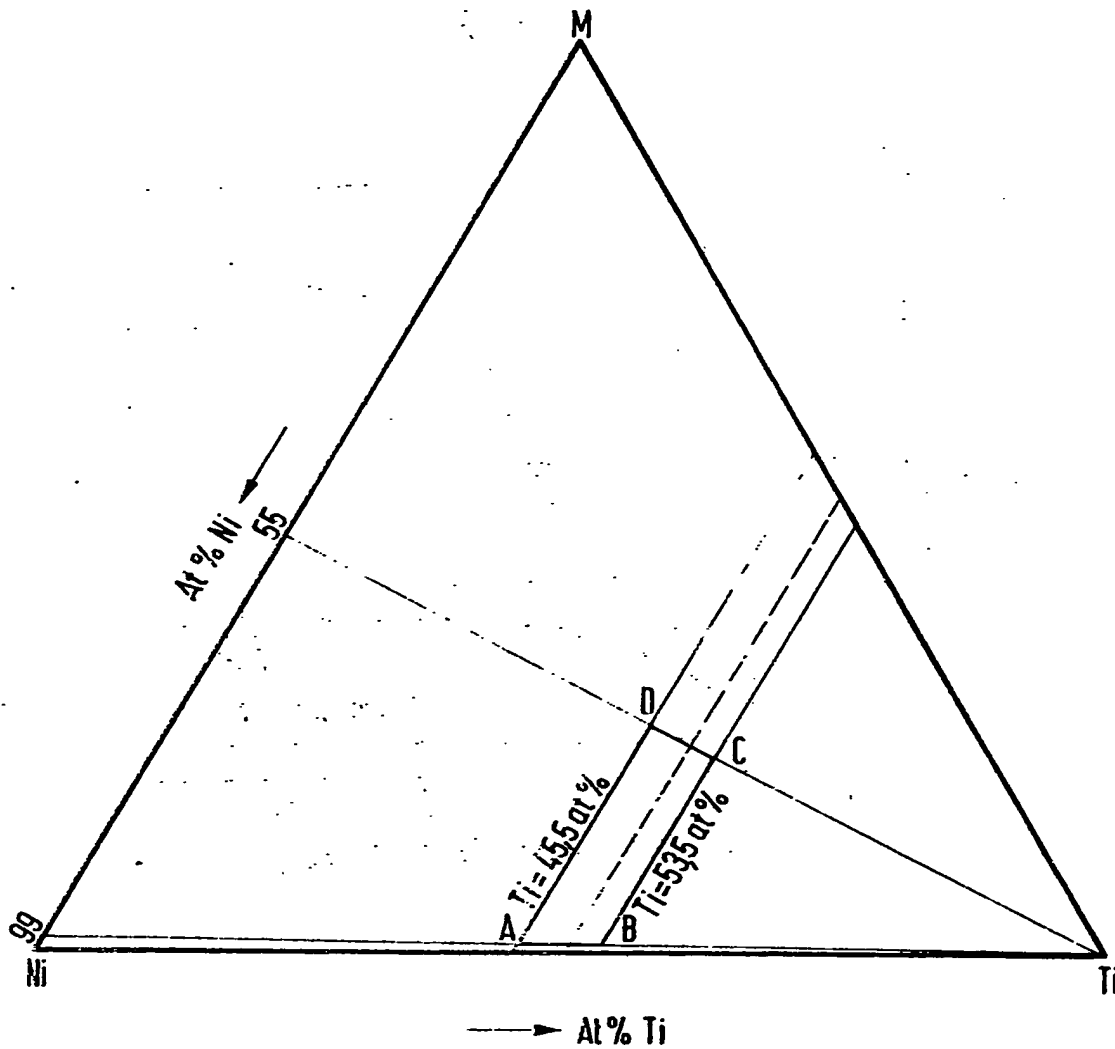
33

Leerseite

40 5 15-55 12.12.1971 OT: 12.12.1971

-35.

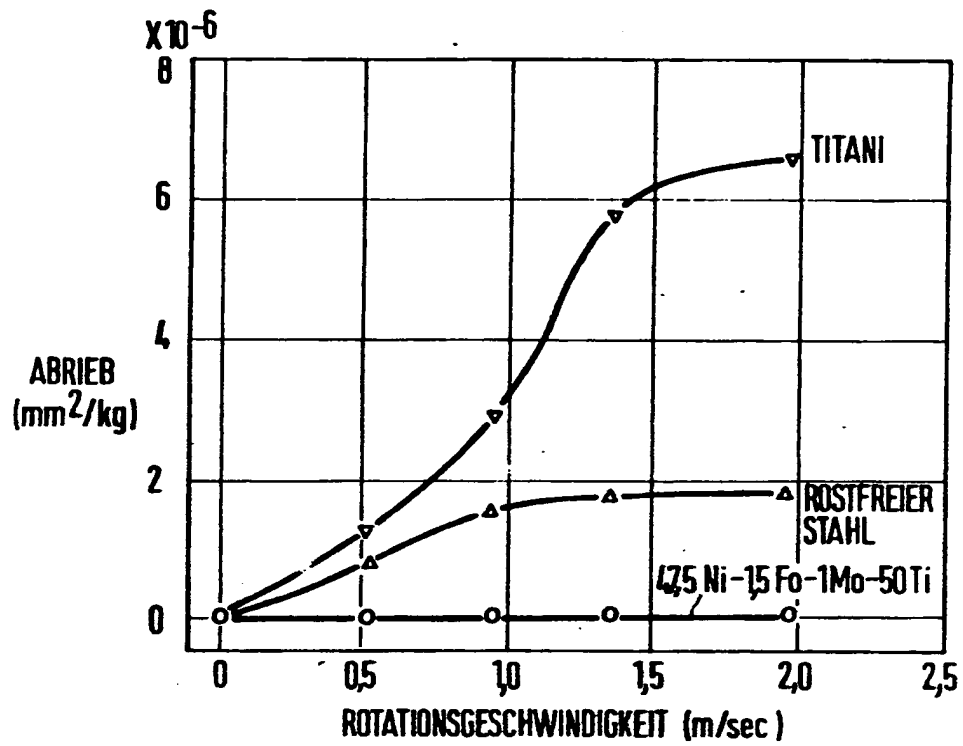
Fig. 1



109837/1036

- 24.

Fig. 2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.